

ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА ШНЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА

Н.В. Лаптев, Е.В. Столов, А.С. Бабаев, Н.С. Криницын

Томский политехнический университет

nikitalaptev77@gmail.com

Введение

Конкурентоспособность — это один из важнейших факторов, заставляющих обновлять и автоматизировать производство. Уменьшение себестоимости и улучшение качества невозможны без применения современных средств автоматизации, которыми могут являться промышленные роботы манипуляторы. Разработка технологии для проведения механической обработки с применением промышленных манипуляторов сталкивается с многочисленными трудностями, связанными, в первую очередь, с выбором инструмента, режимов работы, калибровкой и т.д. [1-5].

Шнеки широко применяются для самых различных целей, они встречаются повсеместно: от пищевой промышленности до высокоточных медицинских дозаторов. Финишная обработка шнеков является сложной технической задачей [6-8]. Основными требованиями к поверхности данных элементов машин являются малая шероховатость, равномерность полученного в результате обработки профиля и отсутствие волнистости полученной поверхности. Для этого требуются специальное оборудование и сложные приспособления. В данной статье предлагается решение, связанное с использованием промышленного робота манипулятора.

Материалы и методика

В качестве заготовки использовали шнек рис. 1 (сталь 37Cr4), применяемый для термопластавтомата при литье пластмасс в пресс-формы. Данная деталь проектируется индивидуально под указанное оборудование в зависимости от многих параметров литья пластмасс. Форма поверхности шнека представляет собой двузаходную винтовую поверхность с постоянным шагом в осевом сечении и постоянным углом наклона винта к оси.

Для выполнения шлифования винтовой поверхности использовали шлифовальный круг на вулканитовой связке (абразивное зерно Al₂O₃ класс 14A) прямого профиля 150x10x32 мм. Данный инструмент был подобран из соображений обеспечения скорости шлифования не менее 20 м/с. Гибкая связка инструмента позволяет уменьшить образование температуры в зоне шлифования, а также снизить нагрузку при резании в сравнении с кругами на твердой связке. В будущем это позволило избежать таких дефектов на поверхности, как прижоги и термические трещины.

Применение роботизированного шлифования может быть успешно использовано в виду большого разнообразия конструкций данных шнеков и замены специальных резьбошлифовальных станков на одно универсальное решение. Важно обеспечить удаление грубых дефектов с поверхности и снизить шероховатость для продления срока службы шнека.

Всего для проведения экспериментальных работ было использовано 5 шнеков, полученных по одной технологии фрезерования. В работе исследовали совмещенное влияние траектории перемещения заготовки относительно инструмента и их пятно контакта на формирование новой поверхности и стабильность получаемых результатов шероховатости поверхности.

Для выполнения экспериментальных работ использовали следующее оборудование: робот KR 16-2 фирмы KUKA Robotics (Германия-Китай), напольных шлифовальный станок фирмы Roditor & Philadelphia s.r.l. (Италия). Измерения шероховатости проводили с использованием профилометра SJ-210 фирмы Mitutoyo (Япония) согласно EN ISO 4288 и EN ISO 3274. На каждой поверхности проводили не менее 5 измерений параметров Ra, Rp, Rt. Затем данные статистически обрабатывались.

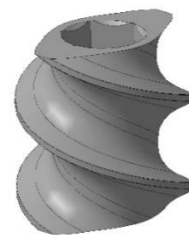
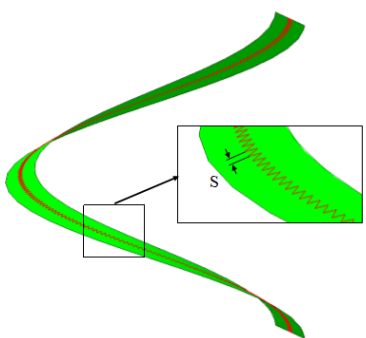
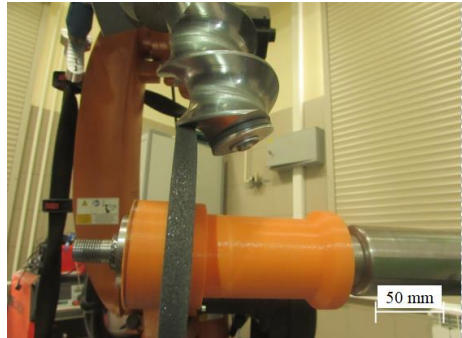
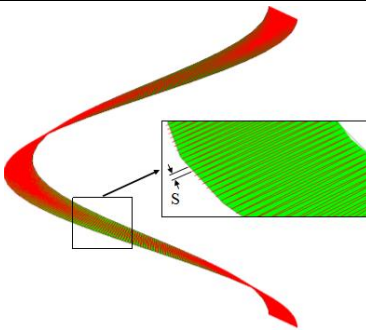
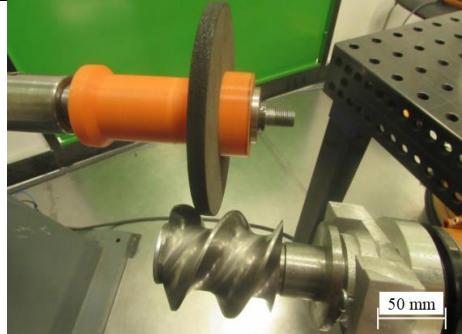


Рис. 1. 3D модель шнека

Траектории T1-T5 (табл.1) расположены на обрабатываемой поверхности. Для определения координат точек траектории была реконструирована модель обрабатываемой поверхности. Исходные данные поверхности представлены в формате STEP ISO 10303 как рациональная поверхность, описываемой формулой:

$$\sigma(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^{K1} \sum_{j=0}^{K2} w_{ij} P_{ij} N_i^{d1}(u) N_j^{d2}(v)}{\sum_{i=0}^{K1} \sum_{j=0}^{K2} w_{ij} N_i^{d1}(u) N_j^{d2}(v)}, \quad (1)$$

Табл.1 Фрагмент модели компонент подсистемы контроля целостности где $K1$ – количество контрольных точек в направлении u ; $K2$ - количество контрольных точек в направлении v ; P_{ij} - массив (двумерный) контрольных точек, определяющих геометрию поверхности; w_{ij} - вес; $d1$ - степень базисных функций в u ; $d2$ - степень базисных функций по v ; N_i^d - i -я нормализованная базисная функция В-сплайна степени d .

Тип траектории	Схема	Шаг зигзага или ёлочки, мм	Участок круга
T1		2	
T2		1	
T3		1	
T4		2	
T5		4	

Заключение

По результатам проведенных экспериментов можно сделать вывод, что применение промышленных роботов манипуляторов возможно для финишной обработки шнеков. По результатам измерений, шероховатость снизилась до 2 раз в среднем с $Ra1,5$ мкм до $Ra0,75$ мкм, характерная поверхность после фрезерования в виде ступенек отсутствует. Однако при работе фаской происходит её истирание и изменение геометрической формы, что может сказываться на образовании ряда погрешностей. Это, в свою очередь, приводит к изменению пятна контакта между поверхностями заготовки и круга. Тем самым изменяется фактическое давление и сила шлифования.

Работа периферией круга может обеспечить значительный съём материала с формированием новой поверхности со стабильными параметрами шероховатости. При шлифовании фаской стоит использовать эту схему только для окончательного чистового прохода после шлифования периферией круга.

Список использованных источников

1. T. Fengjie, L. Chong, L. Zhenguo, and L. Guangbao, "Modeling and control of robotic automatic polishing for curved surfaces", CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, vol. 14, pp 55-64, August 2016.
2. E. Villagrossi, L. Simoni, M. Beschi, N. Pedrocchi, A. Marini, L. Molinari Tosatti, A. Visioli, "A

virtual force sensor for interaction tasks with conventional industrial robots", Mechatronics, vol. 50, pp. 78-86, April 2018.

3. X. Xu, D. Zhu, J. Wang, S. Yan, H. Ding, "Calibration and accuracy analysis of robotic belt grinding system using the ruby probe and criteria sphere", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, vol. 51, pp. 189-201, June 2018.
4. Петрушин С. И., Оголь И. И., Мухомозов А. В. Разработка алгоритма генерации управляющей программы обработки винтовой поверхности шнека для станка с ЧПУ //Проблемы информатики. – 2012. – №. 5. – С. 52-57.
5. K. Wu, C. Krewet, B. Kühlenkötter, "Dynamic performance of industrial robot in corner path with CNC controller", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, vol. 54, pp. 156-161, December 2018.
6. S. Xing-Wei, G. Qin-Yuan, Y. He-Ran and Z. Zheng-Qing, "Research on Forming and Polishing Technology Based on Belt Flap Wheel", Journal of Applied Mechanical Engineering, vol. 6, pp. 294-299, November 2017.
7. J. Wei and G. Zhang, "A precision grinding method for screw rotors using CBN grinding wheel", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 48, pp. 495-503, October 2009.
8. "KUKA System Software 5.5. Operating and Programming Instructions for System Integrators", KUKA Roboter GmbH, Augsburg, Germany, pp. 403, 2010.